

대면적 TPS 강화 Cover Glass Grinding 공정 개발에 관한 연구

이태호*, 송재철**, 이선희***[Ⓒ] 정회원

A Study on Large Surface TPS Reinforced Cover Glass Grinding Process Development

Taeho Lee*, Jaichul Song**, Seonhee Lee***[Ⓒ] Regular Members

요 약

국내 및 국외 최초 대면적 TSP용 강화 Cover Glass Edge Grinding 공정을 개발하였다. 이를 위해 기존의 Cover Glass Grinding 공정에서 문제가 되고 있는 기술을 중점적으로 연구하여 해결하였고, 생산성 향상과 가공품질을 높이는 데도 중점을 두어서 개발하였다. 개발 과정에서는 데모기기의 제작과 운영을 통해 전체 공정 기술을 개발하였다. 개발 결과 강화 Cover Glass Grinding 공정 기술, 영상처리기술, 기구 메카니즘 & 제어 알고리즘 확보하였다.

Key Words : TPS, BM, Cover glass, Edge grinding

ABSTRACT

In this paper, we develops a domestic and foreign first reinforced cover glass grinding process for large surface TPS and resolves a problem of conventional cover glass grinding process through a research. Also, it is developed in priority to improve a productivity and processing quality emphasis. The development process develops a total process technology through a production and operation of demonstration unit. so, in this paper, we secured cover glass grinding process technology, image processing technology, mechanisms and control algorithms.

I. 서 론

스마트폰, 패드, 태블릿 시장이 활성화되어감에 따라 Touch 시장이 폭발적으로 증가하고 있지만, 터치 LCD에 있어서 중요한 요소 중에 하나인 Cover Glass는 수요가 공급에 원활하게 공급되지 않아, 국내 대기업의 경우는 자체적으로 생산을 하고자 하고 있다[1]. 그렇지만 터치관련 공정 knowhow가 부족하여 전체적으로 수율이 나오지 않고 있는 상황이다. 현재 Cover Glass 가공은 중국 업체들이 99% 가공을 하고, 이를 삼성전자, LG전자, 애플 등의 스마트폰 및 태블릿 PC 제조회사에 공급하고 있다. 그렇지만 제조 공정상의 불량률이 40%로 제조업체가 애로 사항이 있는 상황인으로서, 수량위주에서 품질위주로 Touch 패널을 제조하는 방식이 진화되고 있다. 터치패널이 적용된 커버글라스 제조 방식은 기존에는 Cover Glass에 ITO(Indium Tin Oxide, 인듐 주석산화물)로 높은 전도도를 가진 투명한 물질로 터치를 가

장 잘 구현하는 투명전극소재로 현재 터치패널에 대부분 적용되고 있음) Film 2장을 붙이는 GFF 방식으로 제조하였으나, 두께가 두꺼워지는 단점이 있어 두께를 줄이는 연구가 진행되고 있다[2-3]. 터치스크린의 두께를 줄이는 대표적인 기술에는 Glass에 1회의 ITO Coating과 ITO Film을 붙이는 방식인 G1F와 커버 Glass에 ITO Coating을 두 번하는 G2 방식이 있다. 이들 기술들의 공통점은 과거 사용하던 ITO Film을 일부, 혹은 전부 ITO Coating 방식으로 전환하였다는 점이다. 이렇게 하면 제거된 ITO Film의 두께만큼 얇아지고 투과율이 증가하는 효과가 있다. 이러한 방식을 통틀어 Glass 방식이라고 부른다. 터치스크린 업계는 현재 Glass 방식 터치스크린 개발에 심혈을 기울이고 있으며, 최종적으로 G2기술 개발 목표로 하고 있다[4].

*서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 방송통신정책전공 (thlee@kiepa.or.kr)

**인덕대학교 정보통신과(jcsong@induk.ac.kr)

***서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과(seonhee@seoultech.ac.kr)

접수일자 : 2015년 7월 13일, 수정완료일자 : 2015년 9월 1일, 최종 게재확정일자 : 2015년 9월 10일

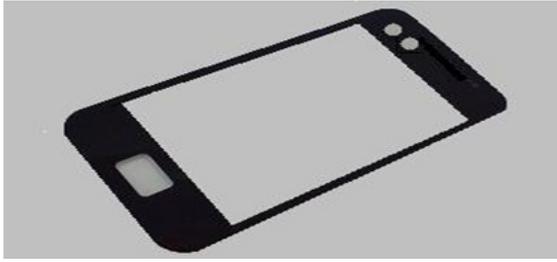


그림 1. 강화 Cover Glass 사진

현재 Mobile 및 Tablet PC 기기에서는 디스플레이 전면 에 보호를 위한 강화유리(Cover Glass)를 대부분 사용하고 있는 상황이고, 두께를 줄이기 위한 연구의 하나로 강화유리에 ITO를 코팅하는 방식도 그 중의 하나로 연구하고 있다. 필름이 아닌 코팅방식을 적용하게 되면 전반적인 두께 및 투과율을 좋게 할 수 있지만, 아직까지는 상술한 G2방식으로 양산을 성공한 기업이 소수여서 이에 대한 수요가 많은 상황이다. G2방식은 LG전자에서 일부분을 생산하고 있으나 수율이 나오지 않아 양산에 적용하기에는 문제가 있고, 현재는 중국 업체를 통해 강화 유리 물량을 받고 있는 상황이다[5]. 삼성전자도 G2 방식은 검토는 하고 있으나 특별한 대책이 없는 상황이다. 또한 LCD 화면이 점점 대화면으로 바뀌고 있어, 대화면에 대응되는 터치 패널도 같이 커져야 하므로 대면적 터치 패널에 대한 수요가 높아지고 있다. 현재 Touch 관련 시장은 2010년 ~ 2015년 연평균 성장률이 27.6%로 될 것으로 예상되고 있고, 핸드폰 시장이 2015년 17억5천만대, Tablet PC가 2억5천만대로 추정되고 있고, 노트북 및 대형 모니터 시장이 2010년에 비해 2015년 6배 증가할 것으로 예상되고 있다. 강화 Cover Glass 생산 공정의 중요도는 높은 상황이고, 관련 연구가 지속적으로 수행되고 있다. 따라서 생산 공정 중의 하나인 Edge Grinding 공정에 대한 필요성도 높아지고 있어 관련 기술의 개발이 시급한 상황이다[6].

이에 따라 본 연구에서는 커버 클래스 생산 공정 중에서 아직 상용화가 많이 되어 있지 않아, 상대적으로 중요성이 높아지고 있는 대면적 TSP(Touch Screen Panel)용 강화 Cover Glass Grinding 공정을 개발하였고, 이를 상용화하고자 한다.

II. 본론

전체 제작 공정은 그림 2와 같은 요소로 구성된다. CNC 프로그램의 경우 원호 모양으로 그라인딩을 하기 위해 필요하고, 스피들 모터는 고속회전을 통해 정밀 가공을 하기 위해 필요한 요소이다. 장비의 내구성은 고속 동작에 의한 진동 및 가공에 필요한 윤활 액체 등에 의한 제품의 불량, 고장 등에 대비해야 한다. 특히 진동에 의한 조립상태의 변화가 제일 중요한 요소로 분석되고 이에 대한 대비로 충격완화장치

치 및 쿠션 등의 대비가 필요하고, 방수 특성 또한 중요한 요소이다.

그라인딩 시스템의 특성은 기구적인 안전성, 정밀 제어, 화상처리 알고리즘 등의 요소가 얼마나 잘 결합되어 있는지에 따라 그 결과가 달라지는 것으로 기본적으로 마이크론 단위의 정밀도를 구현하기 위해서는 기반이 되는 기구적인 안정성이 제일 우선시되고, 뼈대가 되기 때문에 기본 시스템의 설계와 제작에 많은 노력을 기울였다.



그림 2. 전체 제작 공정

전체 시스템은 광학시스템, 스피들, Chiller, 집진기, 영상 시스템, X, Y, Z축 구동 시스템, transfer 시스템, 스테이지 프레임 등으로 구성되고 이에 대한 설계를 3D로 사전 설계하고, 제작하여 실제 제작에 있어서의 오차를 줄이는 방향으로 연구를 수행하였다.

1. 광학시스템

광학시스템은 영상처리를 위해 필요한 구성 요소로 설계를 위해 CODEV, ZEMAX 등의 프로그램을 이용하여 설계를 검토하였고, 결과되는 설계 팩터를 이용하여 구성하였다. 설계에 있어서는 렌즈의 반경, 두께, 입사각 등을 고려하였고, 기본 설계된 형태는 그림 3과 같다.

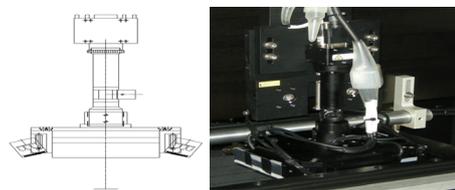


그림 3. 광학 시스템

2. 스피들

스피들은 고속 회전을 통해 정밀가공이 이뤄지게 하는데 있어서 제일 중요한 요소로 스피들의 특성이 나오지 않은 경우 가공면의 균일도가 떨어지고, 유리에 크랙을 생기게 하는 원인이 되므로 가공품질에 중요한 영향을 미치게 되어 시스템 설계에 있어 주의를 요하는 시스템이다.

3. CHILLER

Chiller는 스피들이 고속회전하면서 발생하는 열을 식히기 위한 것으로 냉각기의 성능이 스피들의 안정적인 동작에 영향을 주는 주요 요소가 된다.

4. X, Z축 구동 시스템

이 구동 시스템은 X, Z축으로 움직이면서 sheet를 Glass를 가공 하는 장치로, Y축은 별도 시스템으로 구성하였다. 기구적인 내구성을 향상시키기 위해 다양한 설계를 검토하였고, 이동간의 케이블간의 간섭을 최소화하고, 영상의 레퍼런스를 잡기 위해 초기위치를 설정하기 위한 구조를 고려하였고, 최종 형태는 그림 4와 같다.

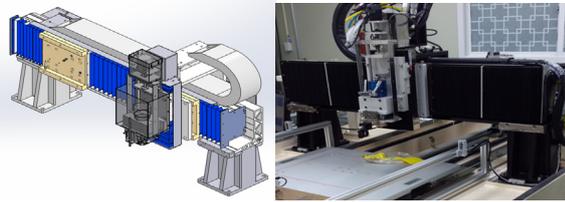


그림 4. 스피들 구동 시스템 사진

5. Y축 스테이지

Y축 스테이지는 Glass를 진공으로 고정하여 Y축으로 이동하고 Glass를 가공하는 장치로 X, Z축 모듈과 독립적으로 구동되고, 기본적으로 움직임에 있어서 간섭을 최소화 하고, 진동에 의한 오차를 줄이기 위해 여러 구조를 고려하여 제작하였다. 그리고 구현된 형태는 그림 5에 보였다.

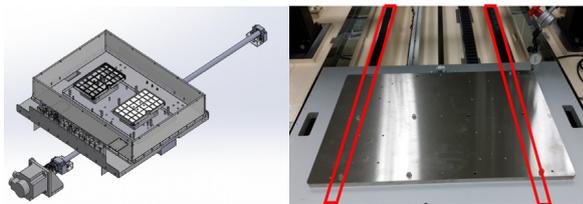


그림 5. Y축 Lm Guide

6. 시스템 전체 구성도

상기의 과정을 통해 완성된 시스템을 그림 6에 보였다.



그림 6. 시스템 전체 구성도

7. 영상 처리

영상처리는 정확한 위치 분석을 위해서 필요하고, 글라스에 마킹된 BM데이터를 이용한다. 영상처리에서는 BM 데이터를 이진화하여 윤곽선을 추출한다. 보다 정확한 BM 인식을 위하여 그림 7과 같이 윤곽선을 추출한 뒤 다시 윗부분의 특정 윤곽선을 추출함으로써 그 윤곽선의 모양을 이용해 비교하는 방법을 사용하였다.

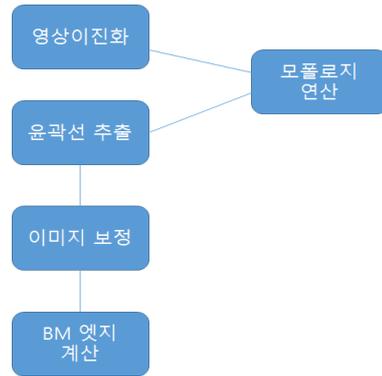


그림 7. 영상처리 과정

8. BM 인식 알고리즘

BM 좌표 인식 알고리즘은 영상의 이진화, 윤곽선 추출, 중심점에서 윤곽선까지의 거리 추출, 그래프 비교 분석, BM 좌표 계산의 단계를 거친다. 그림 8은 BM 좌표를 인식하기 위한 알고리즘의 흐름을 보여준다.

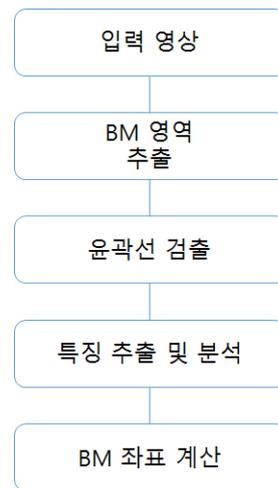


그림 8. BM 좌표 계산 알고리즘

사진영상에서 모든 픽셀의 RGB값을 추출한다. 본 과제에서는 빛에 따른 BM 색상의 변화를 고려하지 않기 위해 RGB 보다는 휘도를 조절할 수 있는 YCbCr로 변경을 고려하여 시험하였다. 식 1은 RGB를 YCbCr로 전환하는 식을 나타낸다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2570 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{pmatrix} \quad (1)$$

표 1은 BM 영역을 추출하기 위하여 이진화하는 알고리즘을 의사코드로 나타낸 것이다. 실험에 의해 적절한 영역으로 설정하고 이 범위 안에 있는 픽셀들을 255(흰색)을 이 범위에 있지 않은 픽셀들을 0(검정색)으로 처리한다.

표 1. 이진화 알고리즘

```

frame ← 원본 이미지
temp ← 이진화 이미지
x ← 이미지의 x 좌표 중 하나
y ← 영상의 y 좌표 중 하나
R ← frame(x, y)의 R 값
G ← frame(x, y)의 G 값
B ← frame(x, y)의 B 값
Y ← 0.257*R + 0.504*G + 0.098*B + 16
Cb ← -0.148*R - 0.291*G + 0.439*B + 128
Cr ← 0.439*R - 0.368*G - 0.071*B + 128
if (77 <= Cb < 127, 133 <= Cr <= 173) temp(x, y) = 흰색
else temp(x, y) = 검은색
    
```

8.1 윤곽선 검출

이진화 영상으로부터 윤곽선을 추출하기 위해 모폴로지 그래디언트를 사용한다. 모폴로지 그래디언트란 팽창영상에서 침식영상을 차영상시켜 윤곽선을 추출하는 기법이다. 다른 옛지, 윤곽선 추출함수를 OpenCV에서 지원하고 있지만 본 과제에서는 이미지의 자세한 윤곽선을 위해 생성된 이진화 영상에 대해 여러 보정을 가해주고, 후에 나오는 윤곽선 탐색 기법을 이용해 처리한다.

8.2 그래프 정규화

각도에 따른 중심점으로부터 윤곽선까지의 거리에 대한 그래프를 그린 뒤, 여러 이미지에 대해서 그래프의 크기가 동일해야 비교 할 수 있기 때문에 다시 한번 다음과 같이 그래프의 크기를 일정하게 조정해 준다. 촬영한 크기 배경이 다른 도형에 대한 그래프를 비교한다.

8.3 오차비교

본 과제에서는 보다 정밀히 오차를 계산하기 위해서 차연산을 통해 특성을 비교하였다.

같은 x 좌표에 해당하는 y 좌표의 값을 차연산을 시켜준 뒤에 그 절댓값을 누적시킴으로 써 정밀도를 검사하였다. 누적된 값이 작을수록 정밀도가 우수하다고 볼 수 있다. 그러나 이 방법은 같은 데이터가 약간 회전되어있는 경우 오차가 커질 수 있는 가능성이 있다.

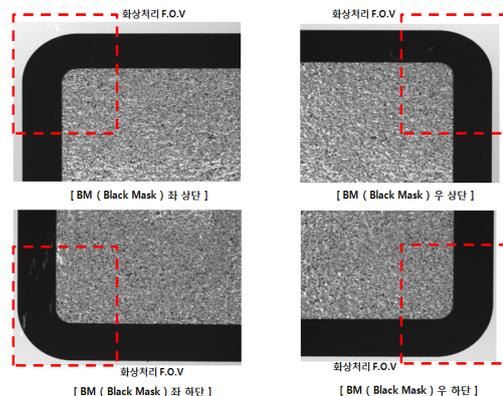
$$I_d = \sum_{x=0}^n \sum_{y=0}^m |I_t(x, y) - I_c(x, y)| \quad (2)$$

Where I_t = template Image, I_c = Current Image

9. 결과

상기의 영상처리 알고리즘을 구현할 때 상황과 실제 제품에 적용할 때의 상황이 다른 점은 강화 전 제품은 구멍 및 외곽을 전부 가공하는 방식으로 Vision 처리 기술 문제 없으나, 강화 후 제품은 이미 형상이 절단(구멍, 외곽)되어 있어서 Glass Edge를 인식해서 Vision 처리하면 Edge면이 직선, 원호, Spline 여러 가지 형상이 있어서 Glass 중심 잡기가 어렵다는 것이다. 이에 대한 대책으로 유리 보호용 Tape에 Vision용 인식마크를 삽입해서 인식하면 정확한 중심 위치를 잡을 수 있으나, 장비 생산성이 낮고, 비효율적이어서 장비 생산성이 높은 BM(Black Mask) 모서리 부분을 영상처리해서 균일하게 Data 확보하는 방법을 적용하였다.

Vision 정도는 Camera를 사용하여 제품 일정한 위치를 반복해서 인식하면서 Vision 정도를 검사하고 기준치는 ±10 μm이다. 그림 9(a)에 커버 글라스의 BM인식 좌표를 보였고, 그림 9(b)에는 실제로 인식한 결과를 보였고, 그림에서 ±10 μm 이내로 인식하는 것을 확인할 수 있었다.



(a) BM 화면



(b) BM 인식 화면

그림 9. 영상처리 과정

Ⅲ. 결론

상기의 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

- 1) 제품화 개발 계획에 의거한 시장 진출 확대 계획 및 적극적인 양산 라인 관리
- 2) 전문화되고 숙련된 인원과 신규 인력을 확보한 품질 관리 구축
- 3) 기존의 시장 확대와 신규 고객을 Target으로 한 전문적인 제품화 생산
- 4) 개발 후 타 제품군을 중심으로 추가 개발 및 생산으로 응용 분야 진출

또한 본 과제의 결과물은 중국 내 TSP용 강화 Cover Glass를 제조하는 제조사에서 요청하는 기술이고, 개발이 완료될 경우 관련 장비를 수출할 수 있을 것으로 예상된다.

그리고 이러한 제조공정은 마이크론 단위의 정밀도를 요하는 기술로 이러한 기술이 개발되면 글라스 제조 공정 외에 다양한 재료들에 대한 가공 기술에 접목이 가능하고, 비전을 통한 정밀 위치 제어 기술도 응용분야가 넓어 그 과급효과가 클 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 이승현, 김유단, “무인기 유도를 위한 스테레오 비전 위치 추정”, 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 강원도 평창, 2008. 4.
- [2] 윤석창, 성상경, 이영재, 강태삼, 천세범, “랜드마크를 이용한 INS/비전 센서 통합 시스템의 정밀 상대위치 추정”, 한국항공우주학회 추계학술발표회, 제주도, 2008. 11.
- [3] 주재용, 김민재, “정규 상호정보와 기울기 방향 정보를 이용한 다중센서 영상 정합 알고리즘,” Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 17 No. 6 , June 2012
- [4] M. J. Kim, H. S. Ko, et al, “Robust Video Super Resolution Algorithm Using Measurement Validation Method and Scene Change Detection,” EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Vol. 2011, No. 103, Nov. 2011.
- [5] B. Zitova and J. Flusser, “Image Registration Methods : A Survey,” Image and Vision Computing, pp. 977-1000, June. 2003.
- [6] J. P. W. Pluim, J. B. A., Maintz, and M. A., Viergever, “Mutual Information Based Registration of Medical Images : A Survey,” IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 22, No. 8, pp. 986-1004, Aug. 2003.

저자

이 태 호(Taeho Lee)

정회원



· 2014년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교
IT정책전문대학원 방송통신정책전공
석사과정

<관심분야> : IT정책, 방송통신기술

송 재 철(Jaichul Song)

정회원



· 1989년 : 성균관대학교 전자공학과 석사 졸업
· 1993년 : 성균관대학교 전자공학과 박사 졸업, Gergia Tech 전기전자 컴퓨터공학과 Post Doctor
· 현재 : 인덕대학교 정보통신과 교수

<관심분야> : 디지털 모델 설계 및 통신신호처리

이 선 희(Seonhee Lee)

정회원



· 1978년 : 동국대학교 전자공학과 공학사 졸업
· 1982년 : 동국대학교 전자공학과 공학석사 졸업
· 1990년 : 동국대학교 전자공학과 공학박사 졸업

· 1990년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수, NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램 교수
<관심분야> : 정보통신, IT융합기술